



Título del Trabajo Fin de Máster:

***OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO  
ENERGÉTICO EN REDES DE RIEGO A  
PRESIÓN MEDIANTE EL MANEJO  
HIDRÁULICO DE LA SECTORIZACIÓN.  
INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN  
ESPACIAL DEL TERRITORIO***

Intensificación:

***ORDENACIÓN, RESTURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS***

Autor:

***<GIMÉNEZ MARCO, ALEJANDRO>***

Director/es:

***<DR. GARCÍA PRATS, ALBERTO>***

Fecha: ***<Febrero, 2012>***



Título del Trabajo Fin de Máster:

**OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN REDES DE RIEGO A PRESIÓN MEDIANTE EL MANEJO HIDRÁULICO DE LA SECTORIZACIÓN. INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN ESPACIAL DEL TERRITORIO**

Autor: **GIMÉNEZ MARCO, ALEJANDRO**

Tipo	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	<DR. GARCÍA PRATS, ALBERTO>	Fecha de Lectura	Febrero, 2012
Codirector1			
Codirector2			
Tutor			

**Resumen:**

*La modernización del regadío basada en la sustitución de los antiguos riegos de superficie por sistemas a presión ha supuesto un incremento importante del consumo energético. El incremento exponencial del precio de la energía al que estamos asistiendo convierte a la eficiencia energética en una necesidad para que el regadío siga siendo sostenible.*

*En los últimos años se han publicado interesantes estudios en los que se busca, mediante técnicas de optimización, la organización del riego en turnos cuyo consumo energético a lo largo de la jornada sea mínimo.*

*Sin embargo cuando dichos algoritmos se aplican a zonas de riego distintas, generan costes energéticos distintos. Estas diferencias deben pues ser atribuidas a la configuración espacial, tanto de la red de riego como de la zona regable.*

*En este trabajo se utilizó la aplicación informática SECTORIZA (García Prats, 2012) la cual emplea el modelo hidráulico EPANET (Rossman, 1990) para analizar hidráulicamente cada escenario y el algoritmo heurístico de optimización combinatoria simulated annealing para conseguir aquellos turnos con menor coste energético. Los costes energéticos de una jornada de riego se calcularon en 11 redes de riego distintas de la provincia de Valencia para una organización del riego en 4, 5, 6 y 7 turnos. El coste energético óptimo se comparó con el producido por las mismas redes si los turnos se organizan ordenando las tomas por desnivel con respecto a la estación de bombeo. Por otro lado se desarrolló un análisis espacial tanto de la red de riego como de la zona regable.*

*Mediante un modelo de regresión lineal múltiple se estableció la relación entre el coste energético optimizado y las variables espaciales que lo condicionan.*

*Se encontró un ahorro energético del 28,41% con la sectorización optimizada frente a la sectorización por cotas. Se encontró que las variables que condicionan el coste energético en una red son el perímetro de la zona regable, la superficie total de riego, la distancia entre la estación de bombeo y el centro de gravedad de los hidrantes, la diferencia de cotas entre la estación de bombeo y el hidrante más alto, así como el número de turnos o sectores en la que se organiza la red.*

*Los resultados demuestran que es posible conseguir ahorros importantes simplemente mediante el manejo hidráulico de la red, sin necesidad de realizar inversiones, siendo en este caso mayor el ahorro energético (kw·h/día) cuanto mayor es el número de sectores. (no se entra en analizar periodos tarifarios).*

## Abstract

*Modernization of irrigation facilities based on substituting the former surface irrigation systems by pressurized irrigation systems has represented an important raise on energetic costs. The exponential raise that prize of energy have suffered, it becomes to “energy efficiency” in a crucial requirement to remaining the irrigation as a sustainable activity. In the last years, several papers have been published, which look for minimizing the daily energy consumption in an irrigation network, using optimization techniques that organize the watering in operating sectors.*

*However, when we apply those algorithms to different networks, energy consumption results are different too. Differences can be assigned both to the spatial and geographical configuration irrigation of the network and irrigable zone.*

*In this work we use SECTORIZA software (García Prats, 2012), which employs EPANET model (Rossman, 1990) to analyze hydraulically every scenario, and the heuristic combinatorial optimization algorithm simulated annealing to get an optimal watering organization on operating sectors with minimum energy daily consumption.*

*Daily energy consumption was calculated for 11 irrigation networks around the Valencia region. Watering was organized into 4, 5, 6 and 7 operating sectors. Optimized energy costs were compared with the one produced by the same irrigation networks when the operating sectors were organized with an elevation difference from the pumping station criteria. In the other hand, a spatial and geographical analysis both the irrigation network and irrigable zone was developed.*

*Using a multiple linear regression model, relation between optimum daily energy consumption and spatial variables was stabilized.*

*We found an energy saving of 28,41% with the watering organization into operating optimized sectors versus the elevation criteria. The most important spatial variables that have influence on the energy consumption have been: total irrigable area, perimeter of the whole irrigable zone, distance between pumping station and gravity center of the hydrants, elevation drop between pumping station and the most elevated hydrant, and finally the number of operating sectors in with the network is divided. The more is the number of sectors, the more is the energy savings (without analyze tariff structure).*

*Results evidence that is possible to achieve to considerable savings only with a correct hydraulic management of the network, without any additional investment.*

## Resum

*La modernització del regadiu basada en la substitució dels antics regs de superfície per sistemes a pressió ha suposat un increment important del consum energètic. L'increment exponencial del preu de l'energia a què estem assistint convertix a l'eficiència energètica en una necessitat per a que el regadiu continue sent sostenible.*

*En els últims anys s'han publicat interessants estudis busquen, per mitjà de tècniques d'optimització, l'organització del reg en torns, el consum energètic dels quals al llarg de la jornada siga mínim.*

*No obstant això quan els dits algoritmes s'apliquen a zones de reg distintes, generen costos energètics distintes. Estes diferències deuen ser atribuïdes a la configuració espacial, tant de la xarxa de reg com de la zona regable.*

*En este treball es va utilitzar l'aplicació informàtica SECTORIZA (García Prats, 2012) la qual empra el model hidràulic EPANET (Rossman, 1990) per a analitzar hidràulicament cada escenari i l'algoritme heurístic d'optimització combinatoria simulated annealing per a aconseguir aquells torns amb menor cost energètic. Els costos energètics d'una jornada de reg es van calcular en 11 xarxes de reg diferents de la província de València per a una organització del reg en 4, 5, 6 i 7 torns. El cost energètic òptim es va comparar amb el produït per les mateixes xarxes si els torns s'organitzen*

*ordenand les preses per desnivell respecte a l'estació de bombament. Per un altre costat es fa el desenrotllament una anàlisi espacial tant de la xarxa de reg com de la zona regable.*

*Per mitjà d'un model de regressió lineal múltiple es va establir la relació entre el cost energètic optimitzat i les variables espacials que ho condicionen. Es va trobar un estalvi energètic del 28,41% amb la sectorització optimitzada enfront de la sectorització per cotes. Es va trobar que les variables que condicionen el cost energètic en una xarxa són el perímetre de la zona regable, la superfície total de reg, la distància entre l'estació de bombament i el centre de gravetat dels hidrants, la diferència de cotes entre l'estació de bombament i l'hidrante més alt, així com el nombre de torns o sectors en què s'organitza la xarxa."*

*Els resultats demostren que és possible aconseguir estalvis importants simplement per mitjà del maneig hidràulic de la xarxa, sense necessitat de realitzar inversions, sent en este cas major l'estalvi energètic (kw•h/día) quant major és el nombre de sectors. (no s'entra a analitzar períodes tarifaris).*

**Palabras clave:**

***Sectorización óptima, eficiencia energética, análisis espacial.***